

## 論文

## 都市災害の特質とその巨大化のシナリオ — 災害文化論事始め —

河田 恵 昭\*

### Characteristics of Urban Natural Disaster and Its Scenario toward Catastrophe — The Beginning of Study on Disaster Culture —

Yoshiaki KAWATA\*

## Abstract

Urban natural disasters are characterized with the catastrophe due to over-population and dense compilation of urban infrastructures including lifelines. In urban natural disasters, a population density is the most important factor which amplifies the damages to human lives and property. The law of risk to life can predict that the maximum loss of life in the future recurrence of the Kanto earthquake reaches to around 150,000. The scenarios of the catastrophe should be made clear for prevention or mitigation of the disaster. It is also pointed out that the maturity of disaster culture can introduce the adequate scenarios about the law of causality between natural forces and resulting impact on our society.

キーワード：災害文化，巨大災害，都市災害，死亡リスク，人口密度，地震水害，地下空間，平均寿命  
Key words:

## 1. 緒言

近代都市で発生する自然災害は，都市災害，都市型災害あるいは都市化災害などと呼ばれている。それぞれの言葉にハッキリとした定義がなされていないので，それらの意味するところは関係者間でも微妙に異なる場合が起こり得る。たとえば，地震で都市のライフラインが被害を受ければ，こ

れは上述したどの災害なのか，あるいはそれらのいずれにも属さないものであるかの判断は，現状では災害の研究者らの判断に委ねられていると言っ

てよいだろう。これらの災害の共通的な認識としては，都市の社会環境が変化したためにそこで起こる自然災害の性質が変化したということであろう。それでは，都市の人口規模にかかわらず，つまり50万都市と100万都市，極端には1,000万都市で発生する自然災害は，同じような特質をもっているのだろうか。もしそこにとくに“都市の規模の効果”のようなものがなく，自然外力と被害との間の因果関係が

\* 京都大学防災研究所附属防災科学資料センター  
Information Processing Center for Disaster Prevention Studies, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University  
この論文に対する討議は平成3年12月末日まで受付ける。

変わらず成立するのであれば、将来起こるのであるう自然災害の被害をかなりの精度で予測でき、また災害対策も有効となろう。しかし残念ながら、江戸時代以降をとってみても、都市における災害の歴史は、大きな災害であればあるほど同じパターンの被災形態を取りにくいことを示しており、近代に入ればますますその傾向は助長されている。

この事情をもう少しマクロに考えてみると、つぎのようになろう。すなわち、災害に関係する法的規制や社会制度の制定、そしてもっと具体的には、災害対策、予防、予知などは1つの文化としてのシステムを構成し、災害文化(disaster culture)と総称されるべきものであろう。そのように災害を捉えるならば、災害を取り巻く社会環境の変化とは、災害文化の成熟あるいは変質の過程にはかならない。そのような理由から、災害文化に対する深い洞察が、とくに都市で発生する災害の研究に必須であると著者は主張したいのである。具体例として、地震によるライフラインの故障確率のシミュレーションに関する研究を取り上げてみよう。その研究成果を適用して、震前対策・震後復旧対策を行おうとすれば、たちまち災害文化の範疇の問題になる。復旧作業員の召集・確保方法から、どのような価値判断で特定地域から重点的に作業を開始するのか、そしてライフラインを不通にしないための重要地区の選定法などは災害文化そのものである。一連の研究の初期段階で、ライフラインの故障解析で用いる力学系の基礎式の解(ほとんどの場合、数値解である)を求めることを考えてみよう。その場合、物理的境界条件の設定に際して、社会条件を考慮した解析は実行可能である。社会条件とは、地盤条件の人為的改良、強化材料の局所的導入などである。そうすると、故障という物理現象も社会条件に左右される、すなわち、ここでいう災害文化から離れては成り立ち得ないことに気がつく。

このような自然災害の概念に対する根元的な捉え方は、従来言われているような災害下位文化(disaster subculture)というような限定された枠内に収まるものではない。林<sup>1)</sup>によれば、災害下位文化と名付けたのはMoore<sup>2)</sup>であって、それ

は災害常襲地のコミュニティに見いだされる文化的な防衛策と定義されている。上述したことと対比しても、後者が非常に限定された概念であることが理解できる。災害文化としての捉え方は、被災様相の予測においても適用される。山崎<sup>3)</sup>は、『一般に、文化論の陥りやすい危険は、それぞれの時代の現状を動かしがたいものと見て、その説明を過去の伝統に探ろうとすることであるが、・・・』と指摘している。山崎の指摘した事実は災害研究にも存在する。具体的には、都市の自然災害の予測に際して、これまでともすれば、過去の大災害の被災過程や様態をほぼ固定して捉えてきたことである。定式化された災害の因果律を用いて、あるいはデータの外挿によって予測されてきたと言っても過言ではない。そこでは、時代とともに変わる人間社会のもつダイナミクスがほぼ抜けている。このようなアプローチを踏襲する限り、想定被害が極端な場合、絵空事とならないとは誰が保証できよう。この辺りの災害の捉え方は至急に検討されるべきであろう。

さて、そのような都市災害の特質に関する一般論を踏まえた上で、ここでは関東大地震級の地震再来による東京の人的・物的被害に関して、災害が巨大化するシナリオを示してみよう。片山<sup>4)</sup>は、震災予測に際して定性的「シナリオ」想定的重要性をすでに指摘している。本論文で書かれたシナリオを参照すれば、どの部分で被害が拡大するかが明らかにできるだろう。シナリオを構成する要素は複雑なネットワークを構成するはずである。現在、行われている災害研究の個々のテーマとこのネットワークとを重ねてみれば、どの部分が研究されていない、あるいは手薄になっているかも判断できる。

要は、私達は災害という手ごわい“いきもの”を相手にしているのだという認識が必要なのである。それは成長し、賢くなり、ときには姿を変え虎視眈々と私達の社会の弱点を狙っているのである。いわば災害の将来像の正確な把握なくしては、いかなる災害対策・予防・予知も効果的でないと言断してもよいだろう。その意味で、本論文は、災害の先制抑止策の樹立への最初の試みと位置づ

けられる。

## 2. 都市災害の特質

都市災害とは何ぞやということをも正確に把握すればするほど、これに関する災害研究とか行政の対応というような防災戦術の有効性は増すであろう。なぜなら、都市災害に限らず、最近のわが国で発生する災害と被災形態は一言で言えば多様化しているのであり、総合防災の形で対処せざるを得ず、災害の特質のマクロな把握が防災の決め手になるからである。かって、高山・村上<sup>5)</sup>は、これとは逆に、都市における災害の捉え方として、ミクロなものの積み上げによる以外の方法では解決が困難であるとした。その後、その分析手法は、つぎのようにまとめられている<sup>6)</sup>。

1) ある一連の災害事象を、相互の因果関係を明らかにしながら、生起した順を追って整理し、災害の推移の全体像を記述する方法

2) 各災害事象の相互間の因果関係を明らかにし、因果連鎖表にまとめて分析、整理する方法

3) 災害事象に関連する要素を論理和、論理積で組み立て、各要素の基本的なフォルト（故障）事象の発生確率から、問題とする災害事象の発生に至る確率をとらえる方法

しかし、災害の発生・拡大するシステムを構成する複数の個々の事象の複合的発生を考えると、その破綻の原因は現状では定量化が困難なところにあると思われる。言い替えば、自然外力と被災形態の間の変貌する因果律がわからないことが現代の都市災害のもつ特徴である<sup>7)</sup>。したがって、ここでは、都市災害の特質についてマクロな視座から定量的な評価を示す。

### 2.1 災害の特性から見た都市災害の区分

著者<sup>7)</sup>はすでに、防災力と防災ポテンシャルの定量的評価法を示した。前者は相当平均寿命、後者はそれと人口との積で与えられる。ここで、相当平均寿命の意味を簡単に説明しよう。社会の防災力は災害情報などのソフトウェアと防災施設などのハードウェアで構成されると考えると、その大きさは、平均寿命を変数とする多重ロジスティック関数で表示されることが見いだされた。この

関数を規格化して、防災評価指標 (Disaster Prevention Appraisal Index) と名づけ、100からこの指標を引いた値はやはり平均寿命の関数となり、これが大きければ安全であることから、相当平均寿命と呼ぶことにした。この定義に従えば、人口が多ければ防災ポテンシャルは大きいはずである。大きな都市になればなるほど本来ならば防災ポテンシャルは大きくなる。しかし、現実にはそうっていない。その原因は、いくつか絡み合っているが、つぎの諸点が挙げられる。

(1) 災害は間欠的に発生する現象であり、中でも巨大災害になりうる異常外力は低頻度であるがために、防災投資は継続されにくい。つまりところ、災害の非日常性が強く、その上、社会にとって negative factor となっていることが災いしている。

(2) 新しい被災形態を対象とした災害対策は、その災害の発現に先行して実施されることが極めて少ない。

(3) 人口・社会資本の集中が短期間に過大なため、その過程において社会基盤施設 (infrastructure) の整備全体がアンバランスとなっている。

(4) 外力と被害の因果律が不明な現象が発生する危険性は高いが、モデル化が適切でないため、シミュレーションによる予測結果をそのままでは信頼できない。

これらは大都市になればなるほど増幅され、不均衡が助長される。それではその度合を表す指標を考えてみよう。

まず、都市の定義であるが、都市という語と組合わさってその性質を特定する語は非常に多い。たとえば「工業」、「商業」、「学園」、「港湾」、「地方」などが「都市」の接頭語のように付加された4語の熟語は極めて多い。その中で唯一共通していることといえば、人口がある規模以上ということぐらいであろう。地方自治法(1947年施行)によれば、市になるためには、人口3万人以上でなければならなかったが、1954年には5万人以上に改められた。しかし、いくつかの適用除外規定があるほか、1965年には「市町村合併の特例に関する法律」が施行されたりなどして、行政単位と

しての市の数が昭和40年代に急増した<sup>8)</sup>。人口10万人以上の都市が1985年現在ですでに200を超えており、もっと小さなものを含めると市と名のつく行政単位は655(1990年現在)を数え、全国至るところにあるとあってよい。そうすると、都市で起こった自然災害を機械的に都市災害とってしまうと、おかしなことになってしまう。

では、都市の社会基盤施設があるところと限定してみよう。しかし、都市と名のつくところでは、どこでも電気、水道、電話などのライフラインがあり、これらはどこの町村でもある。ということになると、高速道路、地下鉄、都市ガスなどに限定すれば、政令都市などにかなり限定される。このように考えてみると、従来の都市化災害、都市型災害といわれるものが、大規模なライフラインの被害のみを強調して名づけている傾向があることがわかる。1978年の宮城県沖地震による仙台の被害、1989年のロマ・プリエータ地震によるサンフランシスコの被害が都市型災害の典型であると言われている。

このように、都市という言葉は非常に広範囲かつ曖昧な意味を含んでおり、そのため都市災害という言葉も定性的な響きをもっており、それもかなり偏った性質に色づけされてきたことがわかる。

## 2.2 過剰被災と過剰感染とのアナロジー

疫病の歴史をたどれば、あらゆる種類の疫病は、農村などの人口密度がそれほど大きくない地域での流行(epidemic)から、人口の稠密地帯での広域的・爆発的大流行(pandemic)に至るまで、時空間的に不連続に増幅しながら伝染することがわかっている。後者は、過剰感染と呼ばれるものであり、つぎのように説明されている<sup>9)</sup>。人口密度が高くなるに従って、寄生体が宿主から宿主に移動する機会が増加する。そこである決定的な限界を突破すると、感染症は奔流のように過剰感染となって爆発する。この現象が広い地域に拡大した場合をpandemicというわけである。それでは自然災害の場合はどうであろうか。もし人口が少なく人口密度も小さい小都市と、その逆の大人口をかかえる超過密な巨大都市で死亡リスク(死者数を被災可能人口で割った値)が変わらないならば、

話は簡単である。自然災害による死者の最大数はそれぞれの都市の人口に、上限となるような死亡リスクを掛けてやればよい。しかし、そのようには常時ならないと判断される。その具体例を挙げてみよう。

いま、災害とパニックの関係を考えてみる。たとえば、人々が沢山集まっていなければ、虚報や流言飛語が飛び交うことはないだろう。これらが口伝えで、しかも人々の思い込みや誤解などのフィルターで急速に増幅されるからこそパニックになるわけである。パニックになるための条件は他にも幾つか指摘されているが<sup>10)</sup>、人間がある限られた空間に沢山集まっていることが必須であろう。もちろんある限られた空間の人口密度がどの程度であればパニックになるかは明らかにされていないけれど、その境界を与える値がありそうである。

都市災害のもつ最大の社会的側面は何かと言われれば、それは“非日常性”ということであろう。ラッシュアワー時の東京で行き交う大多数の人々の脳裏からは、“いま大地震が起こったら”というようなことはほとんど消えていると判断される。その不意をつくのが都市災害が巨大化する場合の大きな特徴と言えるのではないだろうか。都市災害が爆発的に被害を大きくする現象は、人口密度が深く関与すると判断される。そうであれば、前述した疫病の過剰感染とのアナロジーで、都市災害の過剰被災の存在が予見される。

このようなことから、ここでは都市で発生する災害の特性に応じて、つぎのように区別する。

1) 都市化災害：人口の比較的過疎の地域に居住空間や都市の社会基盤施設が拡大していく過程で発生する災害

2) 都市型災害(都市ライフライン災害)：都市の社会基盤施設、とくにライフラインが破壊されるが、人的被害は多くない災害

3) 都市災害：人口・社会資本が過密ゆえに人的・物的被害が増幅される巨大災害

それぞれの災害の発生条件などの特徴は表1にまとめて示す。

## 2.3 都市災害における人口密度の効果

人口密度の効果を定量的に評価するために、こ

表1 都市における自然災害の区別

	被災地域の人口密度	都市基盤・防災施設整備	被災の種類	主たる被災過程
都市化災害	経年的に増加中	整備途上	古典的	単一
都市型災害	国の人口密度の数倍から10倍程度	一応整備完了	物的被害に集中	既知
都市災害	同20倍程度以上	不均衡	人的・物的巨大被害	未知

ここでは新しく都市災害増幅指標を定義し、資料解析からその特性について検討する。

#### (1) 都市災害増幅指標

いま、人口密度を用いて、次式で表される都市災害増幅指標  $R$  を定義する。

$$R = \frac{\text{対象地域の人口密度}}{\text{国単位または広域の人口密度}} \quad (1)$$

この指標はある特定地域（必ずしも都市に限らない）の人口の“相対的な”集中度を表している。ところで、もし国が異なればこの指標の影響が変化するのであろうか。変化するのであれば、災害による死者数に対するこの指標の影響をそれぞれの国について評価しなければならなくなり、普遍性がかなり欠けてしまうことになる。

そこで、次のような仮説を立てて考えてみよう。都市災害増幅指標が同じであれば、国に対する地域の被災のインパクトもほぼ同じということである。なぜなら、都市人口が過密になればなるほど、そこで発生する災害は社会現象としての性質を大きくもつようになる。言い替えれば自然外力の大きさだけで決まらないという特徴をもつようになる。その社会性、あるいは風土性と言ってもよいものは国によって違い、人口密度もその程度を示す指標に成り得る。都市災害増幅指標の値が同じであれば、ある国に固有の自然・社会条件に対して、その中の特定の地域が与える影響の度合は国ごとに近似的に同じであるということになる。この仮説は極論すれば、工業国、農業国あるいは遊牧国などの違いによらず、人口超過地域（たと

えば、国の人口密度の50倍の地域）で自然災害が発生すれば、その倍率に応じたなんらかの特異な社会現象が、被災の様相が違ってそれぞれの地域に発生する可能性があるということである。そのように考えれば、災害増幅指標の意味するところは、地域を超えた普遍性をもつことになる。この仮説の妥当性はある程度のデータの蓄積に待つより仕方ないが、最大犠牲者数の算定の1つの根拠にはなろう。なお、都市災害に関係して、被災回数の影響については、つぎのように考えられる。すなわち、都市災害として巨大化する1つの条件は、都市に住むあるいはそこを通過・流入する人々にとって被災経験のない（すでに著者はこれを非免疫型災害と名づけている<sup>7)</sup>）ことである。言い替えれば、同一都市における巨大災害の発生は低頻度であって、被災体験は生涯に1度あるかどうかの程度であり、それに時代の推移による被災の様相の変貌が加わるので、過去の経験はほとんど役に立たないことになる。

#### (2) 災害に及ぼす人口密度の効果の定量化

都市災害増幅指標のもつ定量的な特性を表すことを試みる。それには、過去に人口過密都市で起こった巨大な自然災害事例を解析することから得られると考えられる。そこで、ここでは1923年の関東大震災と1985年のメキシコ地震を取り上げることにした。なお、各々の地震災害の概要は多くの書物や報告書で述べられているので、ここではそれらを再録しないことにする。

つぎに、定量化の方法を示そう。もし国単位と地域単位で死亡リスクが変化しなければ、災害に

よる死者数  $N_p$  は国単位の死亡リスクに地域の住民数（あるいはこれにその地域に一時的に滞在・通過する人数を加えたもの）を掛けてやればよい。すなわち、次式となる。

$$N_p = RL \cdot PO \quad (2)$$

ここに、 $RL$ ：死亡リスク及び  $PO$ ：人口である。前述した理由から、人口過密な都市で過剰被災が起こり死亡リスクが変化する場合、都市災害増幅指標が関係すると考える。すなわち、死亡リスクは社会の防災力を表す指標である平均寿命のほかにも都市災害増幅指標の関数となろう。後者の指標がどのような形で含まれるかは災害事例が少なく不明であるから、ここでは比例すると仮定すると、式(2)は、つぎのようになる。

$$N_p = \alpha_1 \cdot RL \cdot PO \cdot R \quad (3)$$

式(3)において、死亡者数が人口密度に無関係の場合には、

$$\alpha_1 \cdot R = 1 \quad (4)$$

となる。そこで、関東大震災における当時の東京市（区部）と横浜市及びメキシコ地震のメキシコシティの死亡リスクを調べ、それと国単位の死亡

リスクの関係から  $\alpha_1$  と  $R$  の関係を求めて図示したものが、図1である。これから、横軸の都市災害増幅指標が15から20付近を境にして急激に  $\alpha_1$  が大きくなる、すなわち死亡リスクが不連続的に大きくなることを見いだされる。これら3都市のデータを結んだ曲線を過剰被災曲線と呼ぶことにする。そうすると、式(4)と過剰被災曲線で囲まれた領域は、都市災害の発生と対応し、人口過密災害の発生領域と名づけられる。図中、横軸の17.3とした値は1985年現在の、わが国の人口百万以上の都市の都市災害増幅指標であって、もしこれらの都市に異常な自然外力が作用すれば、人的・物的被害の大きい都市災害になる危険性があることを示している。

ここで示した考え方は人口過疎災害に対しても適用可能である。すなわち、災害増幅指標が1以下は、国平均の人口密度より小さい地域に対応している。この地域で局所的に崩壊災害や土砂災害が多発しても、災害の発生はそこに人が住んでいるかどうか、あるいはそこに一時的に居合わせた人がいるかどうかにかかってくる。すなわち、被害が点として発生し、面的に拡大しないために死者数が4桁に達するような巨大災害になるような例はみられない。都市域の中の局所的な過疎地区では、

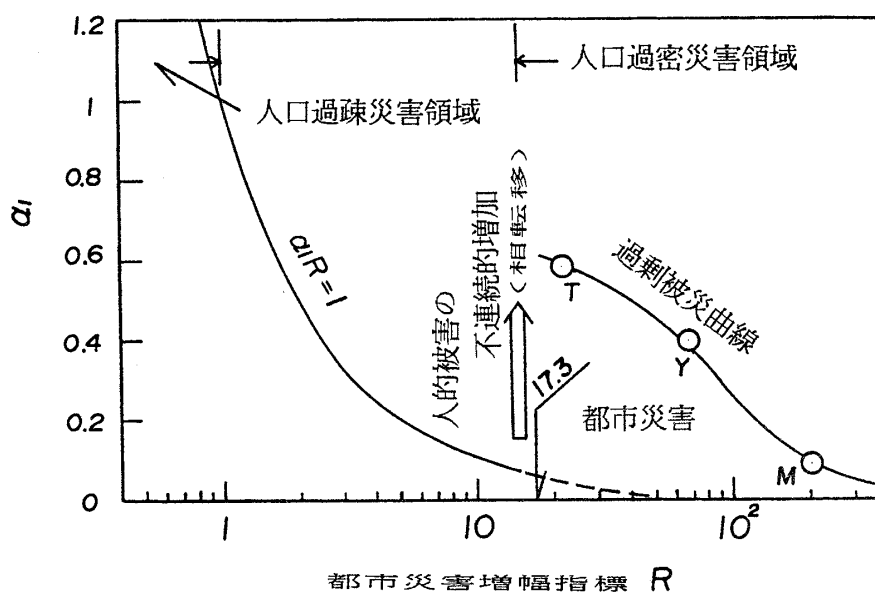


図1 都市災害における都市災害増幅指標と係数  $\alpha_1$  との関係  
(T：東京，Y：横浜，M：メキシコシティ)

崖下や傾斜地という居住条件が悪いところと重なっていることが多く、そこに住んでいる住民の被災可能性が大きい。前者の例は、1983年の山陰豪雨災害、後者の例は1974年の梅雨前線豪雨災害が挙げられよう。

このように、人口密度の効果によって自然災害による過剰被災の現象が発生することがわかる。これは人口密度の増大による疫病の過剰伝染の現象が発生すると非常によく似ており、両者にアナロジーが成立すると考えられる。ここで示したように、災害増幅指標がある値を越えると劇的に死者数が増加する現象は、一般には相転移(phase transition)と呼ばれるものであり<sup>11)</sup>、自然災害の分野では著者の知る限り初めて見いだされた制御パラメーター(control parameter)であろう。したがってこれらの考察を発展させれば、都市災害による被災を予測する関係の定式化が可能となろう。

### 3. 都市災害の具体例—来るべき関東大震災による被害予測—

すでに、太田ほか<sup>12,13)</sup>は基本生活水準という総合指標を定義し、震災による一般世帯が受ける影響の定量的評価法を提案している。しかし、この解析には時代とともに変化する社会の防災力の効果を導入することが困難なことや、死者の発生が家屋倒壊と延焼によると仮定するなど、来るべき非免疫災害である都市の震災の予測に適用するためには、さらにモデルを発展させる必要があると推察される。したがって、彼らの研究以前に解析された結果、すなわち1923年の関東大震災の地震の再来による、南関東地域(東京、神奈川、埼玉、千葉の4都県)で予想される最大死者数の予測の信頼性には自ずと問題があることになる。たとえば、日本都市センター<sup>14)</sup>は1976年に東京の死者数を50,100人と推定し、東京都防災会議<sup>15)</sup>は1978年に東京区部で36,000人と算定している。その後、国土庁<sup>16)</sup>が関東大震災以後の火災による焼失面積と死者数などの関係を適用して、つぎのような予想値を1988年に発表している。

前提条件：関東大震災級地震(マグニチュード7.9)が冬の夕食支度時に発生し、風速10

メートル/秒の場合

焼失家屋数：260万棟

死者数：15万人(南関東地域)

負傷者数：20万人

このような数字の妥当性を、資料解析から得られた死亡リスク上限の法則を適用して検討してみよう。

#### 3.1 被害発生則と前提条件

南関東地域の人口は3,000万人を超え、東京はわが国のコンピュータの40%、手形交換金額、株式金額の50%以上、全国に発する情報の80%以上を占めている<sup>17)</sup>。このような国際金融都市東京とその周辺地域への人口と社会・経済資本の一極集中は今だ進行中であり、大地震が襲ったときの、最悪の被害を想定しておくことは、極めて重要である。

まず、想定最大死者数の推定法の概略<sup>18)</sup>を紹介する。いま、自然災害の最大死亡リスク $RL$ は人の平均寿命 $T_1$ の関数として、次式が提案されている。

$$RL = 10^{-0.0364T_1 - 0.471} \quad (5)$$

図2は12世紀以来の巨大自然災害について、死亡リスクと平均寿命の関係を求めたものであって、図中の式(5)で与えられる死亡リスクの上限値が存在することがわかる。なお、非免疫型災害とは、これまで経験したことのない被災形態を取る場合であり、災害下位文化による防災の知恵などが有効に働かない場合であると言える。ここで取り上げようとしている都市災害は、その典型例であろう。したがって、最大死亡者数 $N_p$ は式(5)を式(3)に代入して求めることができる。なお、都市災害増幅指標が10程度以下では、式(2)から最大死者数を簡単に求めることができる。

計算に際して、つぎのような前提条件を設定する。

(1) 国単位の死亡リスクの上限値は、式(5)の関係で表される。

非免疫型災害を蒙った経験がこれまでないので、式(5)の妥当性は明らかではない。しかしながら、過去の資料の解析からは、いかなる巨大自然災害

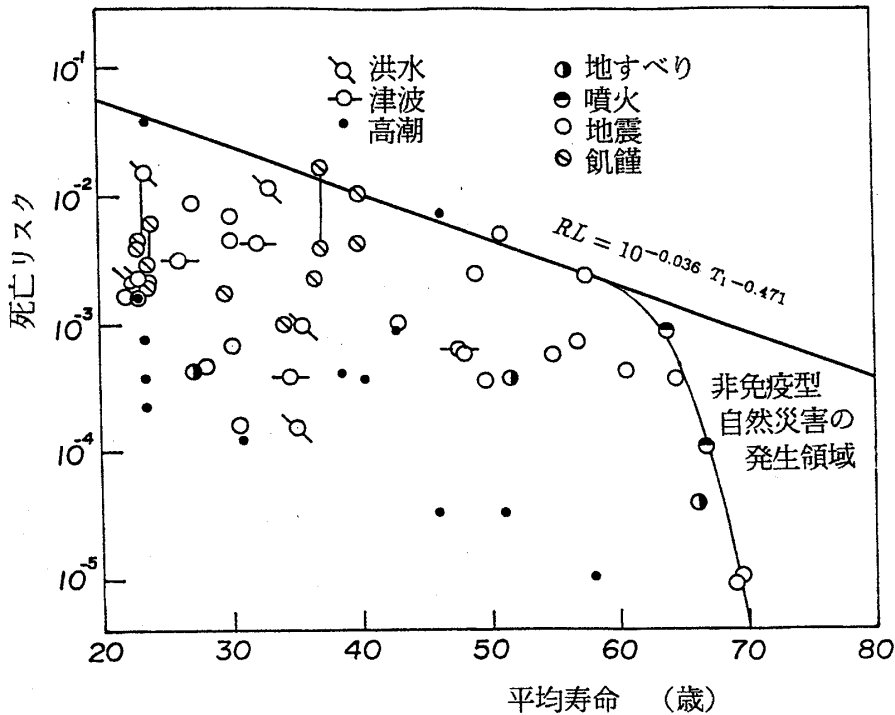


図2 12世紀以降の世界の大災害における死亡リスクと平均寿命の関係

といえども、この式で与えられる死亡リスクを超えていないので、上限値と見なしてもよいと考えられる。

(2) 住民数は夜間人口を基準とする。

図3に示すように、東京(区部)では昼間人口がふえるが、横浜市では逆に減少する<sup>19)</sup>。つまり、横浜の一部の地域は、東京のベッドタウンとなっていることを示しているが、昼間流出する人口がすべて東京に吸収されているとは限らない。また東京、横浜以外の南関東地域については昼間人口が不明なところがある。したがって、南関東地域を対象とするかぎり夜間人口を扱うことにし、東京と横浜はそれぞれ別個に、昼間人口を対象とした死者数を求めることにする。なお、図3から判断すると、大阪市では1日のうち、いつ異常外力が来襲するかによって被災者数が大きく変化する可能性が大きく、また名古屋市ではその変化は小さいと言える。なお、区単位で見れば、東京の千代田区や大阪の中央区では昼間人口が夜間人口の5倍以上にもなっており<sup>19)</sup>、災害増幅指標が極めて大きくなっている。

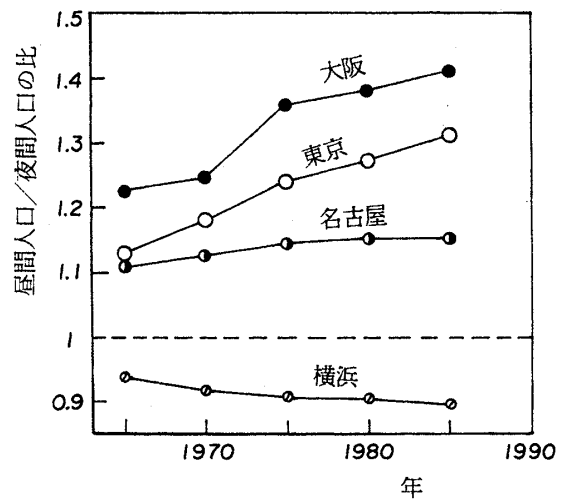


図3 わが国の大都市における(昼間人口/夜間人口)の比の経年変化

(3) 係数 $\alpha_1$ は都市災害増幅指標 $R$ で決定される。

人口過密都市で都市災害増幅指標による係数の変化(図1に示した東京、横浜、メキシコシティのデータは、各1回の災害例であって、歴史的に追跡すれば、そこに両者の関係を表す複数の点が存在するはずである)が都市ごとに相違すれば、

表2 関東大地震級の地震による南関東地域の推定最大犠牲者数

地名	人口 (万人)	面積 (km <sup>2</sup> )	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	$R_p$	$\alpha_1$	最大死亡者数 (万人)
東京都						
区部	835.4	602	13,879	57.1	0.43	9.24 (10.93)*
それ以外	347.4	4,549	764	2.4	0.42	0.18
神奈川県						
横浜市	299.3	432	6,928	19.3	0.61	2.03 (1.89)*
川崎市	108.9	136	8,007	25.0	0.57	0.82
それ以外	335.0	1,835	1,826	5.7	0.18	0.18
千葉県	514.8	5,151	999	3.1	0.32	0.28
埼玉県	586.4	3,799	1,543	4.8	0.21	0.31
合 計						13.04

\* : 括弧内の数字は地震が昼間に発生した場合

それは自然環境の違いに依存していると考えられる。なぜなら、社会環境の影響は平均寿命と都市災害増幅指標に代表されているからである。たとえば傾斜地と海岸低平地では係数 $\alpha_1$ が相違するかも知れない。しかし、現在資料は3点だけであり、それらの点を滑らかな曲線で結んだものが1つの一般的な関係を表すものとする。

### 3.2 推定結果

1985年当時の人口に対して推算した結果を表2に示す。この場合、わが国の男女の平均寿命は77.7歳とした。これから、関東大地震級の再来によって、南関東地域では最大死者数が13万人に達すると推定される。そのうち、東京都区部、横浜市、川崎市の死者数は全体の約93%を占め、完全な都市災害となることを示している。なお、括弧内の数字は昼間、地震が来襲した場合であって、東京では夜間に比べて約1.7万人死者数が増加する。これらの数字は前述した国土庁<sup>16)</sup>の結果とほぼ同じ値となっているが、前述したようにその算定の基礎は相違しているため、数字の意味する内容に注意する必要がある。

## 4. 都市災害巨大化のシナリオ

ここでは、具体例として関東大地震の再来を想定して、議論を進めることにする。

### 4.1 シナリオの必要性

前章では関東大地震の再来による最大犠牲者数の推定値を示した。このような数値による予測は、一見非常に説得力があるように考えられる。しかしながら、どのような過程でこのような人的被害が発生するのかを明らかにしなければ、減災・防災の具体策を立てようがないということになる。いわば被害拡大過程のシナリオが必要となるのであり、これを明らかにして、つまり被災のイメージ化を通して、防災に関係する行政の努力が効果を発揮するようになるわけである。後者が定性的であるがゆえに非科学的であるという捉え方は、理科系の災害研究者にしばしば見られる現象であるが、つぎのような2つの問題がある。

1つは、定量的な予測は必ずモデル化を伴い、そこに前提・近似条件と、外力と被災形態との間に力学式を含む因果関係がわかっている必要があるということである。緒言でも指摘したように、

過去の災害のパターンが時代とともに変化することが都市災害の特質であって、その変化の程度を議論せずしてシミュレートしたところで、これは本当の意味での予測にはなっていない。時代を経て災害に対する抵抗力のみが強化され、その効果を評価するような解析はライフラインを始めとしてよく行われるが、自然条件は変化していないのかについての考察が不足しているように感じられる。

ほかの1つは、防災・減災の具体策は地域住民の理解があってこそ有効となるものであるが、難しい理論と数値のみの提示では住民への橋渡し・推進役となる行政担当者をすら説得することは難しいと言わざるを得ない。わかりやすい形とは、イメージとして頭に浮かぶということであり、そのような背景と一緒に始めて、数値予測が力を発揮できると考えられる。

#### 4.2 具体的シナリオ

片山<sup>4)</sup>によれば、わが国の震災予測は、2つに分けて考える必要があるとされている。その1つは延焼火災が発生するタイプ、もう1つはライフライン施設に広範囲な機能障害が起こるタイプである。このような分類では、大きな人的被害は前者からしか発生しないことになる。本当にこれで十分だろうか。このような分類が妥当と考えられているからこそ、人的被害に関しては火事対策がすべてというような暗黙の了解のようなものが震災を想定する行政側や災害研究者に共通しているようである。著者もこれは最重要だと考えるが、外力として地震と火事のみを対象とすることには異議がある。そこには自然外力の特性も時代とともに変化しているという前提が無視されているようである。

東京や大阪は世界の地震地帯に位置する大都市の中で際だって特異な自然条件下にある。それは、防潮施設に守られた広範囲な海岸低平地の存在であり、その地下空間には縦横に地下鉄が走り、主要なターミナルにはショッピングセンターなどの地下街が存在していることである。例として大阪のキタの地下街では1日の通行人が200万人といわれている。地下街・地下鉄は常時人口稠密と考

えてよい。ゼロメートル地帯は東京で124平方キロ、大阪で60平方キロあり、地球の温暖化による海面上昇傾向とあいまって、将来的に増加する方向にあると言える。もともとは地下水の汲み上げによって、江東区では昭和10年以来、最大4.5mも沈下しており、大阪の港区では同じく2.8mに達している。たとえば津波がやってこなくても、防潮施設の破壊やその背後地での地盤の液状化によって地震水害（堤外地の地盤の液状化、あるいは河川堤防や防潮堤等が液状化で被災して、外水が浸入して起こる水害）が地震直後に発生する危険性が高い。後者では、構造物の倒壊や不等沈下のみが研究の対象として取り上げられているが、それによって地震水害が低平地で発生したことは新潟地震で経験済みである。このような観点から、1978年の宮城県沖地震、1985年のメキシコ地震や1989年のロマ・プリエタ地震は構造物やライフラインの安全性の貴重な資料となったが、それは東京や大阪のそれらの方面の地震対策に益するのであって、ここで述べた両都市の地理条件の特殊性は震災対策の表舞台に出てきていない。

##### (1) 人的被害

著者は、前述した理由から両都市における人的被害拡大の要因として津波を含む氾濫災害にあると考え、それに関する基礎的な研究成果<sup>20)</sup>を踏まえた上で、つぎのような被害拡大のシナリオを示す。

##### 1) 防潮施設の破壊による地震水害型

関東大震災級地震の再来によって、局所的に設計震度5以上6および7地域が発生する<sup>21)</sup>。そのため、防潮施設が破壊され、そこから海水・都市河川水がゼロメートル地帯に流入し、そこを通る地下鉄やそれに接続した地下街が浸水して、水没する。停電による地下鉄のストップと地下ショッピングセンターでの停電などによるパニックの発生が被害を拡大する。

##### 2) 地盤の液状化による地震水害型

防潮施設が地盤の液状化で破壊したり、堤外地の液状化が起こり、それらから海水や都市河川水が流入し、1)と同じ過程で浸水被害が拡大する。

##### 3) 地下空間のガス爆発型

地震によってガス管が損傷し、地下街に充満してガス爆発、災上する。これについてはガスの発生は事故であったが、大阪天六ガス爆発事故（1970年4月8日）や静岡のゴールデン街の事故（1980年8月16日）など、すでに発生した経験がある。

4) 石油タンクなどの可燃物貯蔵施設の破壊と地震水害の同時生起による火災の広域延焼型

氾濫水の流れにガソリンなどの比重の軽い可燃物が上部に乗り、広域に広がり、面的に火災延焼地区が拡大する。これと並行して、東京湾沿岸地帯で貯蔵中もしくはプラントで製造中の各種石油化学製品や薬品類が装置等の破損で流出・拡散し、発火や有毒ガスが発生して、広域に広がる。

5) ラッシュアワー時の通勤パニック型

東京を中心とした首都交通圏では、1988年度の調査で、JR東日本と各私鉄、地下鉄などの路線の1日平均延べ通過人員は約950万人、最混雑1時間（ほとんどの場合午前7時から8時台に記録されている）のそれは約200万人となっている<sup>22)</sup>。したがって、たとえば朝のラッシュ時には交通機関の乗継ぎや重複利用があったとしても、100万人を越える通勤客・通学児童が各ターミナルに集中することになる。そこで地震が発生し、駅施設の破壊、電車の脱線事故、停電や電話不通などのライフラインの損傷があれば、誤情報によるパニックの発生が懸念される。ちなみに東京圏では平均通勤時間が90分といわれ、その距離もたとえば千代田区で就業・就学し20km以上の距離を帰宅しなければならない人は、52.7万人、30km以上は19.7万人に達している<sup>23)</sup>。これらの数値は、1923年の関東大震災の時の平均通勤距離4kmと格段の差がある。したがって、交通機関が不通になれば、徒歩でその日のうちに帰宅することは非常に難しくなる。そのことは危険地区に滞留する時間が長びくことを意味するので、火事などで被災する危険が高くなる。

ここで示した1)と2)のシナリオは地震水害と言われるものであって、東京や大阪などでは発生が懸念される。とくに、大規模な地下街は複雑な経路をもつ多くの出入り口をもっており、氾濫箇所がそれらにどの程度近接しているかによって

瞬時的に水没する場合が起こり得る<sup>20)</sup>。果たして実際にこのような被災形態を取るかどうか、あるいは幾種類かの複合災害となるかは明らかではない。しかし、起こる素地は十分あることは自明である。このシナリオの最大の特徴は都市災害としての震災はオンライン型の複合災害ということであって、高潮や洪水のように、台風接近や集中豪雨という時系列として追跡でき、ある程度事前に予測できる災害とはかなり相違すると言える。

(2) 物的被害

火事の延焼に伴うもののほか、とくに、ライフライン関係の被害予測に関係した問題点を挙げてみよう。

1) ライフライン復旧作業に伴う問題

大地震が発生したとき、発生地域に居る人々の最大の心配事は家族の安否であろう。仕事としての行動はこれを確認した後のものであって、通勤圏が拡大した今日、電話などが不通になれば家族の安否を確かめようがなく、まずこれを確認するために技術者・作業員の大半は徒歩で帰宅する行動が優先されることになる。

2) 道路障害の発生による自動車交通不通

建築物などの耐震性の向上によって、それ自身の倒壊の危険性はそれほど多くないと予想されている。たとえば、構造物や地盤被害については、1980年代に入り、相次いで耐震性が考慮された設計法が施行されている。すなわち、1981年には建築基準法新耐震設計規定が施行され、そこには地盤別補正係数や土質定数に乗じる係数が導入されており、新たに数種の耐震設計法が提案されている<sup>24)</sup>。しかし、道路に面するこれらの建築物からガラスや看板等が地上の道路に落下・散乱し交通を不可能にするほか、歩道橋や大規模道路標識などが路上障害になる可能性もある。

3) 浸水に伴う電力・通信ケーブルの絶縁不良

事故などによる浸水によって、絶縁不良からブレーカーが作動し、地区一帯が停電することは、ときどき新聞紙上に取り上げられている。地下街や地下鉄に浸水すれば、電力・電話の復旧に多くの時間が必要とされる。

4) 地下空間の排水施設・設備の不足による浸

### 水長期化

地下街や地下鉄の既存の排水施設は地上からの雨水の漏水を前提としたものである<sup>25,26)</sup>。仮に大規模な浸水が発生し、かつ地下動力ケーブル自身が水没あるいは絶縁不良となった場合に大量の氾濫水をくみ出す方策がない。

これらは、とくに都市のライフライン復旧を長期化する主要な要因であって、経済面のダメージは計り知れないものがあると考えられる。

## 5. 結 語

ここでは、防災ポテンシャルと防災力の定義、及び資料解析による自然災害の死亡リスク上限の法則を適用して、関東大震災級地震の再来による南関東地域における最大死者数の推定を行った。その結果、人口密度が都市災害の最大の指標になることを明らかにするとともに、それが昼間発生すると、最悪の場合約15万人近い死者を数えると推定された。

つぎに、臨海・都市河川沿いの低平地での地震水害の発生や津波の来襲が将来の東京・大阪での地震災害において火事の発生・延焼とともに、被害発生の主因になる可能性を示した。前者に主として関係して、このような犠牲者数をもたらす被災過程の5種類の、そしてとくにライフラインの想定被害に関係した4種類のシナリオをそれぞれ新しく示し、被害の巨大化のイメージを定性的に述べた。そこでは、とくに東京と大阪における自然環境の変化としての地盤沈下の被災形態への影響が、従来の被害想定で欠落していることを明らかにした。

著者<sup>27)</sup>はかつて、『災害史に学ぶ』ことの重要性を指摘した。そこでは、自然・社会環境の変化にともなって、被災の様相は“変容する”という歴史が明らかにされた。このような災害の動態に対して、単に過去の同種の災害で何が起こったかを解析するだけでは不十分なことがわかる。現代の災害は、一言で言えば、非日常性と多様性をますます深めているところに特徴がある。自在に千変万化するような都市の災害において、固定した、言い替えれば“秩序ある”被災形態を思い込

むことなく、まるでカオスのように事前に捉えようのない被災形態に対しても柔軟な対応が今ほど必要な時期はあるまい。ここで示した被害巨大化のシナリオは、これまでいくつか行われてきた関東大地震の再来による、被害発生 of 具体例でほとんど取り上げられなかったと言える。その視座からすれば、これらのシナリオに沿っての震災対策は大変重要かつ緊急を要することであって、それがなされない限り、これら両大都市の災害リスクは軽減されないと言ってよいだろう。そして、このようなマクロな取り扱いが災害文化として成熟することが総合防災への道につながるものであり、少し構えて言えば、巨大災害の発生を未然に防ぐことは現代の文明の存続にも深く関係してこよう。

なお、本論文の資料解析では京都大学防災研究所附属防災科学資料センターの計算機 FACOM M730-6A を用いたことを付記する。

最後に、本研究は科学研究費重点領域研究『災害多発地帯の「災害文化」に関する研究』（代表 首藤伸夫 東北大学教授）による研究成果の一部であることを記して、感謝する。

## 参 考 文 献

- 1) 林 春男：災害文化の形成，自然災害の行動科学（阿部北夫ほか編，応用心理学講座3），福村出版，pp. 246-261, 1988.
- 2) Moore, H. E., and the winds blew, The Hugg Foundation for Mental Health, Univ. of Texas, 1964.
- 3) 山崎正和：日本文化と個人主義，中央公論社，221 p., 1990.
- 4) 片山恒雄：地域・都市の震災予測と耐震化，文部省科学研究費重点領域研究成果報告書（都市住空間の震災予測と耐震化システムに関する研究），pp. 37-40, 1990.
- 5) 高山英華・村上処直：防災計画，都市問題講座7（都市問題），有斐閣，pp. 201-221, 1966.
- 6) 都市防災技術：防災ハンドブック，建設産業調査会，pp. 242-251, 1983.
- 7) 河田恵昭：防災ポテンシャルの評価法，自然災害科学，Vol. 9, No. 1, pp. 1-16, 1990.
- 8) 日本国勢図会（1967年版）：国勢社，549p, 1967.
- 9) McNeill, W. H.（佐々木昭夫訳）：疫病と世界史，新潮社，328p, 1985.
- 10) 東京大学新聞研究所編：災害と人間行動，300 p., 1982.

- 11) Weidlich, W. and G. Haag (寺本 英ほか訳) :  
社会学の数学モデル, 東海大学出版会, 231p, 1986.
- 12) 太田 裕・岡田成幸: 震災のダイナミックス その  
1 世帯に及ぼす影響の時間変動性—記載法—,  
地震, 第2輯, 第42巻, pp. 497-506, 1989.
- 13) 太田 裕・岡田成幸: 震災のダイナミックス その  
2 世帯に及ぼす影響の時間変動性—算定例—,  
地震, 第2輯, 第43巻, pp. 267-278, 1990.
- 14) 日本都市センター: 都市構造の推移と防災システ  
ムの研究報告書, pp. 44-77, 1976.
- 15) 東京都防災会議: 地震時における「都市的災害」  
に関する調査研究, pp. 24-25, 1980.
- 16) 国土庁: 南関東地域地震被害想定調査の結果, 84  
p, 1988.
- 17) 震災復興計画: 経済気象台 (朝日新聞夕刊記事),  
1989年9月29日.
- 18) 河田恵昭: 自然災害における人的被害とその推定  
法, 京大防災研年報, 第33号B-2, pp. 473-491,  
1990.
- 19) たとえば, 関西情報センター: 大都市圏の整備,  
pp. 12-13, 1989.
- 20) Kawata, Y. et al.: Mechanism of urban flooding in  
subway and underground shopping center, *Natural  
Disaster Science* (in preparing).
- 21) 中村一樹: 都市生活者の災害問題と防災まちづく  
り, 巨大地震と大東京圏 (望月利男・中野尊正編),  
日本評論社, pp. 219-249, 1990.
- 22) 都市交通年報: 運輸経済研究センター, pp. 224  
-231, 1990.
- 23) 望月利男: 建築物の震害・人的被害と対策, 巨大  
地震と大東京圏, 日本評論社, pp. 87-123, 1990.
- 24) 構造物の耐震設計法: 防災ハンドブック, 建設産  
業調査会, pp. 207-210, 1983.
- 25) 会社案内 (パンフレット): 大阪地下街株式会社,  
26p., 1983.
- 26) 大阪市交通局: 大阪市地下鉄建設五十年史, 943p.,  
1983.
- 27) 河田恵昭: 災害史に学ぶ, NHK 市民大学テキスト  
(災害の科学), pp. 131-146, 1986.

(原稿受理 平成2年11月13日  
訂正稿受理 平成3年3月6日)